

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5170899号

(P5170899)

(45) 発行日 平成25年3月27日 (2013. 3. 27)

(24) 登録日 平成25年1月11日 (2013. 1. 11)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 9 C 47/66 (2006. 01)

B 2 9 C 47/66

B 2 9 C 47/62 (2006. 01)

B 2 9 C 47/62

B 2 9 C 47/40 (2006. 01)

B 2 9 C 47/40

A

B 2 9 C 47/36 (2006. 01)

B 2 9 C 47/36

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2009-72959 (P2009-72959)
 (22) 出願日 平成21年3月24日 (2009. 3. 24)
 (65) 公開番号 特開2010-131962 (P2010-131962A)
 (43) 公開日 平成22年6月17日 (2010. 6. 17)
 審査請求日 平成23年11月28日 (2011. 11. 28)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-283795 (P2008-283795)
 (32) 優先日 平成20年11月4日 (2008. 11. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000136745
 株式会社プラスチック工学研究所
 大阪府枚方市野村中町2番3号
 (74) 代理人 100122828
 弁理士 角谷 哲生
 (72) 発明者 辰巳 昌典
 大阪府枚方市野村中町2-3株式会社プラスチック工学研究所内

審査官 星 功介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 押出成形品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

樹脂を溶融可塑化して押出成形品を製造する押出成形品の製造方法において、押出機はスクリュー径40mmφの単軸押出機であって、シリンダーにスクリューが挿通され少なくともフィード部、コンプレッション部を有し、フィード部はスクリューのフライトが2～4条で、シリンダー内壁に溝を有し、コンプレッション部はシリンダー内壁に溝を有さず、コンプレッション部のスクリューのフライトの条数が、3～8条であり、シリンダー内側面とコンプレッション部のスクリューフライトの外周先端部との距離が75～100μmであり、コンプレッション部の終端からスクリュー先端までの長さのL/Dが5以下であり、スクリューを回転させるモーターがダイレクトドライブモーターであり、スクリュー回転数が100rpmよりも大きい速度で押出を行うことを特徴とする押出成形品の製造方法。

【請求項 2】

請求項1記載の押出成形品の製造方法において、押出機の樹脂流路先端にギヤポンプが付設されていることを特徴とする押出成形品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、プラスチックフィルム、シート（以下、この発明の説明においてはプラスチックフィルム、シート等を単に「フィルム」という。）、コンパウンド、異形押出成形

品、ボトル等の押出機を用いた押出成形品の製造方法に係り、特に熱可塑性樹脂および熱可塑性エラストマーの押出に適した、少ないエネルギーで成形できる押出成形品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

地球温暖化防止対策の観点から省エネルギー押出機への要求が高まっており、特に設備稼動時のランニングコスト低減、設備の小型化の要求が高まっている。投入エネルギー当りの押出量は多ければ多い方がよく、例えば低密度ポリエチレンでは溶融に必要な理論的エネルギーは 0.15 kWh/kg であるためこの値に近いことが望まれており、ポリオレフィン等の熱可塑性樹脂製フィルムの押出において消費電力半減（ 0.4 kWh/kg を 0.2 kWh/kg 以下にすること）及び／又は、押出能力5倍（ $40 \phi \text{ mm}$ 径において 20 kg/h を 100 kg/h 以上にすること）が求められている。

10

【0003】

従来の同樹脂用の標準的押出機は、溶融された樹脂の吐出される先端に向けて、順にフィード部（原料供給部）、コンプレッション部（可塑化部）、メータリング部（計量部）からなり、口径 40 mm では押出量は約 20 kg/h である。この場合 1 kg の原料を押出すには、平均 0.4 kWh の動力を必要とする。例えば低密度ポリエチレン樹脂を 80 rpm 、 15 kg/h で押し出す場合、モーター動力 1.5 kWh 、ヒーター 4.4 kWh 計 5.9 kWh の電力を消費する。この場合単位重量あたりの消費エネルギー（以後「比エネルギー」という。）は、 0.39 kWh/kg となる。

20

【0004】

押出の省エネルギー化に対して種々の試みがされている。その一つとして、押出機のスクリュウ回転にダイレクトドライブモーターを使用することが開発されている。ダイレクトドライブモーターによれば、減速機を使用しないため、動力伝達ロスが少なく $5 \sim 15\%$ の省エネになる。更に低騒音化でき、発塵しないことからクリーンルーム環境での使用が可能である。ただし本方式は原理的に、低速運転に適さず、効率を上げるには押出機を高速回転で運転することが好ましい。

【0005】

他の試みとして、混練部のシリンダーに溝を形成した溝付シリンダーを用いる技術が開発されており（特許文献1、2、3参照）、このようなタイプの押出機では押出能力は、従来の 1.5 倍程度に増加することが期待されており、 60 rpm 以下の低速領域では2倍程度が期待されている。しかしこのようなタイプの押出機は高速回転領域では、コンプレッション部で高速に樹脂を可塑化することができないため、押出量の能力改善度合いが小さいという問題がある。例えば特許文献3ではポリプロピレンに対しスクリュウ径 65 mm で 172 kg/h の押出量であったとされている。 40 mm 径スクリュウに換算すれば、 2.3 乗則を適用すれば $172 \text{ kg/h} * (40 \text{ mm} / 65 \text{ mm})^2 \cdot 3 = 56.3 \text{ kg/h}$ である。溝付シリンダーを用いる方法のみでは、押出能力の大幅アップの目標は達成できず、かつ、高速回転に適さないことからダイレクトドライブモーターと組み合わせて使用することには適さない。

30

【0006】

【特許文献1】特開平8-142159

【特許文献2】特開平8-267540

【特許文献3】特開昭58-108118

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

少ないエネルギーの投与で大量の押出成形品の製造をすることができる押出成形品を製造する製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

50

請求項1記載の押出成形品の製造方法は、樹脂を溶融可塑化して押出成形品を製造する押出成形品の製造方法において、押出機はスクリュー径40mmφの単軸押出機であって、シリンダーにスクリューが挿通され少なくともフィード部、コンプレッション部を有し、フィード部はスクリューのフライトが2～4条で、シリンダー内壁に溝を有し、コンプレッション部はシリンダー内壁に溝を有さず、コンプレッション部のスクリューのフライトの条数が、3～8条であり、シリンダー内側面とコンプレッション部のスクリューフライトの外周先端部との距離が75～100μmであり、コンプレッション部の終端からスクリュー先端までの長さのL/Dが5以下であり、スクリューを回転させるモーターがダイレクトドライブモーターであり、スクリュー回転数が100rpmよりも大きい速度で押出を行うことを特徴とする押出成形品の製造方法である。

10

【0009】

請求項2記載の押出成形品の製造方法は、請求項1記載の成形品の製造方法において、押出機の樹脂流路先端にギヤポンプが付設されていることを特徴とする押出成形品の製造方法である。

【発明の効果】

【0015】

請求項1記載の押出成形品の製造方法によれば、押出機はスクリュー径40mmφの単軸押出機であって、シリンダーにスクリューが挿通され少なくともフィード部、コンプレッション部を有し、フィード部はスクリューのフライトが2～4条で、シリンダー内壁に溝を有し、コンプレッション部はシリンダー内壁に溝を有さず、コンプレッション部のスクリューのフライトの条数が、3～8条であり、シリンダー内側面とコンプレッション部のスクリューフライトの外周先端部との距離が75～100μmであり、コンプレッション部の終端からスクリュー先端までの長さのL/Dが5以下であり、スクリューを回転させるモーターがダイレクトドライブモーターであり、スクリュー回転数が100rpmよりも大きい速度で押出を行うため大量の樹脂をコンプレッション部に送り込むことができ、高速でスクリューを回転させても急速に樹脂を可塑化することができる。

20

このため少ないエネルギーで大量の押出成形品を製造することができる。特にスクリュー回転数が100rpmよりも大きい速度で高速スクリュー駆動するため、ダイレクトドライブモーターと組み合わせることで一層少ないエネルギーで大量の押出しをすることができる。

30

ダイレクトドライブモーターと組み合わせることにより騒音が小さくなるため製造現場の低騒音化にも効果がある。

【0016】

請求項2記載の押出成形品の製造方法によれば、押出機の樹脂流路先端にギヤポンプが付設されているので脈圧なく安定した状態で少ないエネルギーで大量の押出しをすることができる。このため押出品の肉厚の変動が少なく、押出成形品の品質が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本願発明の実施例1の押出機を模式的に表す図である。

【図2】実施例1の押出機に用いるスクリューを模式的に表す図である。

40

【図3】本願発明の実施例2の押出機を模式的に表す図である。

【図4】実施例2の押出機に用いるスクリューを模式的に表す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本願発明の押出成形品の製造方法は熱可塑性樹脂の押出成形品の製造に適する。フィルム、コンパウンド、異形押出成形品、ボトル等の押出成形に用いられる。熱可塑性樹脂には熱可塑性エラストマーを含む。中でもLDPE（低密度ポリエチレン）、COC（環状オレフィン・コポリマー）のようなオレフィン樹脂に特に適する。

以下、実施例に基づいて説明する。

50

【実施例 1】

【0024】

図 1 は実施例 1 の押出機 1 を示す。本押出機では熱可塑性樹脂材料が元部から取り入れられスクリュウの回転によって次第に先端へと送られ、可塑化混練され、先端から溶融樹脂として吐出される。スクリュウ径 40 mm φ の単軸押出機で、 L/D は 24 である。シリンダー 3 にスクリュウ 2 が回転自在に挿通されている。シリンダー 3 は、中空円筒状で断面が真円状の中空部を有するが、第 1 フィードゾーンはシリンダーの内側面に溝が刻まれている。

【0025】

押出機 1 は、フィード部 23、24、コンプレッション部 26 とその先の先端部 27、28 に、その部分の有する機能により機能上、ゾーン分けされている。

10

【0026】

図 2 は実施例 1 の押出機に用いるスクリュウ 2 を示す。スクリュウ 2 の一端 221 はスクリュウの回転を与えるダイレクトドライブモーター（図示せず）の動力伝達部（図示せず）と機械的に直接接続され、ダイレクトドライブモーターの回転によりシリンダー 3 中で回転する。

【0027】

ダイレクトドライブモーターはドイツ BAUMUELLER 社製、型番 DST 200 L 54 W 30-5、モーター容量 36.5 kw、最高回転数 300 rpm を用いた。

20

【0028】

フィード部は第 1 フィードゾーン 23 と第 2 フィードゾーン 24 に分かれている。第 1 フィードゾーン 23 の部分のスクリュウ 223 には 2 条フライト 243 が形成されている。高速に大量の樹脂をコンプレッション部 26 に送り込むためである。第 1 フィードゾーン 23 部分のシリンダー 323 には樹脂をホッパー 13 からシリンダー中に供給するための貫通孔 12 が開いている。

【0029】

第 1 フィードゾーン部分のシリンダー内径は 40 mm、第 1 フィードゾーン部分の長さは 240 mm、 L/D は 6 である。第 1 フィードゾーン部分のスクリュウ 223 の外径は 39.7 mm、スクリュウ谷径は 26.6 mm、リードは 40 mm、フライト 243 のピッチは 20 mm、条数は 2 条、フライト幅は 3 mm である。なお条数は 1 条では高速回転しても、樹脂の供給力が不足するため適さず、3 条、4 条であってもよいが、5 条以上では供給が過剰になるため好ましくない。

30

【0030】

第 1 フィードゾーン部分のシリンダー 323 には 12 本の溝（図示せず）が形成されている。溝の長手方向はスクリュウの回転軸に平行で溝幅は 6 mm、溝深さは第 1 フィードゾーンの開始部付近では 2 mm であるが、第 2 フィードゾーンに近づくにしたがって浅くなっている。コンプレッション部での高温が伝わることにより樹脂が溝中に固着するのを防ぐためである。溝断面形状は半径の異なる同心円状の等深さ型である。溝方向はスパイラル状であってもよく、溝断面形状は三日月型であってもよい。

40

第 1 フィードゾーン部分のシリンダー 323 の溝本数は特に限定されないが約 40 mm のシリンダーにおいては 6 本～16 本が好ましい。5 本以下では樹脂を送り込む効率が上がりにくく、17 本以上では溝間の距離が小さくなりすぎるためである。

スクリュウ径が変わる場合には、溝本数に限らず、一般的に用いられるスケールアップ則に基づき拡大又は縮小して適用される。

【0031】

スクリュウを高速で回転させることにより本構造により第 2 フィードゾーンを通じてコンプレッション部に大量の樹脂を供給することができる。

【0032】

第 2 フィードゾーン 24 の長さは 160 mm、 L/D は 4 である。第 2 フィードゾーン

50

部分のスクリー 224 の外径は 39.7 mm、スクリー谷径は 26.6 mm、リードは 40 mm、フライト 244 のピッチは 40 mm、条数は 1 条、フライト幅は 3 mm である。

【0033】

フィード部にはフィード部のシリンダー 323、324 の外側に冷却ジャケット 71 が設けられておりフィード部のシリンダーの溝内で樹脂が熔融し付着するのを防ぐため、所定温度に冷却される。樹脂が軟化しペレットが溝やスクリーに固着しないように、樹脂により異なるが、50 °C 以下、必要ならば 30 °C 以下に保たれる。

【0034】

次にコンプレッション部であるが、コンプレッション部 26 では樹脂を高速で熔融可塑化する。樹脂は回転による混練によりせん断発熱するが、これのみでは熔融可塑化には熱量が不足する。このためコンプレッション部のシリンダー 326 の外側にヒーター 72 が設けられておりコンプレッション部内の樹脂を加熱し熔融させる。

10

【0035】

樹脂はシリンダー 3 に用いられる金属等に比して熱伝導率が低い。このためコンプレッション部に溝を形成すると溝中の樹脂を経由して内部の樹脂に熱が伝達される経路では熱伝達が損なわれる。コンプレッション部のシリンダーには溝は形成されていない。溝を形成しないのは、後述するようにシリンダー内壁に付着し熔融した樹脂をスクリーフライトで薄くかきとり、高速可塑化を行うためである。また、溝内の樹脂が滞留により熱劣化をするのを防ぐためでもある。

20

【0036】

コンプレッション部 26 では、樹脂がシリンダー 326 を介したヒーター 72 からの熱及びせん断発熱により熔融するが、シリンダー 326 に接する樹脂及び近傍の樹脂はシリンダー 326 を介したヒーター 72 からの伝導熱により熔融しシリンダー 326 の内側面にメルトフィルムを形成する。これをスクリー 226 のフライト 246 の先端でかきとる。かきとられたメルトフィルムがメルトプールとなる。メルトプールがソリッドベットを押し、ソリッドベットがシリンダー内壁に押し当てられメルトフィルムが形成されるということを繰り返しつつコンプレッション部 26 内の樹脂全体が可塑化熔融し、混練されるものと推測される。

【0037】

30

コンプレッション部 26 はシリンダー 326 の内径 40 mm、コンプレッション部長は 400 mm、L/D は 10 である。コンプレッション部 26 部分のスクリー 226 のスクリー外径は 39.80 ~ 39.85 mm、スクリー谷径は 26.6 mm、リードは 320 mm、フライト 246 のピッチは 40 mm、条数は 8 条で、フライト幅は 2.5 mm である。スクリー谷径は 32 mm でもよい。

【0038】

コンプレッション部 26 にヒーター 72 からの熱を高速に熱伝導するため、シリンダー外壁とヒーターとが密着するようにされている。高速で樹脂を融解させるためには急速に樹脂を加熱することが必要であり、このためにはシリンダーを誘導加熱することが好ましい。誘導加熱することでコンプレッション部分のゾーン長を短くすることができ、エネルギー効率が更に上がるからである。

40

【0039】

熱伝導率を高めるためには、シリンダー 326 の材質は熱伝導性にすぐれることが好ましく、良熱伝導性の金属ないし合金、カーボンナノチューブ分散系金属等が好ましい。熱伝導量を高めるためには、シリンダー 326 の肉厚は、強度的に耐えうる範囲で薄い方が好ましい。

【0040】

スクリー 226 のスクリー外径（フライト 246 の外周径）を 39.80 ~ 39.85 mm にしたのは、ヒーター 72 からの熱をシリンダー 326 を介してコンプレッション部 26 中の樹脂に高速に伝える際に、樹脂は熱伝導性が悪いため、シリンダー 326 内

50

側面に付着する樹脂が溶融して形成されたメルトフィルム層を、フライトの先端でできるだけ薄くかきとるためである。

【0041】

スクリー２２６のフライト２４６の外周先端部はできるだけシリンダー内側面に近づく方がシリンダー３２６内側面に付着した樹脂のメルトフィルム層をより薄くまでかきとることができるため望ましいが、熱膨張、焦げ付き等及びスクリーのシリンダーへの挿入、抜き出し時の作業性も考慮すれば、実用的にはシリンダー３２６内側面とフライト２４６の外周先端部との距離は $10 \sim 250 \mu\text{m}$ が好ましく、 $15 \sim 100 \mu\text{m}$ がより好ましく、さらに好ましくは $25 \sim 75 \mu\text{m}$ である。

このため、シリンダー３２６内径とスクリー外径（フライト２４３の外周先端部径）との差は、 $20 \sim 500 \mu\text{m}$ が好ましく、 $30 \sim 200 \mu\text{m}$ がより好ましく、さらに好ましくは $50 \sim 150 \mu\text{m}$ である。

【0042】

コンプレッション部のスクリー２２６のフライト２４６の条数は限定されないが、条数が多い方が、スクリー１回転当りのフライト２４６によるシリンダー３２６内側面に付着した樹脂のメルトフィルム層のかきとり回数が増えることより、短時間に内壁に付着した樹脂をかきとることができるため高速可塑化効果が大きい。しかし条数が多すぎるとフライトにより樹脂の通るスペースが減じ、樹脂が通りにくくなる。これを防ぐためフライトを薄くしすぎるとフライトの強度が小さくなり、スクリーの加工が複雑になる。このためコンプレッション部のスクリー２２６のフライト２４６の条数は１条から１０条が好ましく、２条から８条がより好ましい。

【0043】

コンプレッション部２６が高速で樹脂を可塑化するため高温に保たれるのに比し、第２フィードゾーン２４は樹脂ペレット同士が融着しない程度の低温に保たれる。したがってスクリーを通じての熱伝導は好ましくない。このためスクリー２の第２フィードゾーン２４とコンプレッション部２６とを繋ぐ繋ぎ目のスクリー部分２２５は、断熱されていることが好ましく、セラミックス等の熱伝導性の低い材質で断熱することが好ましい。

同様にシリンダー３の、スクリー２２５に相当する部分も、シリンダーにおけるフィード部とコンプレッション部の間の熱伝導を防ぐため断熱材料でできていることが好ましい。

更に積極的にフィード部のスクリー２２３、２２４に冷却媒体を循環して冷却することが好ましい。

【0044】

コンプレッション部の終端よりも更に押出機の先端側には、従来、押出しを安定化するため長いメータリングゾーンが設けられている。本願発明においては粘性抵抗を下げるため、又、小型化を図るために、コンプレッション部の終端から押出機中の樹脂流路先端までの部分の長さの L/D は５以下が好ましい。したがってコンプレッション部で押出機が終了する構造のものであってもよい。その場合であっても押出機の先端にギアポンプを接続することで安定的に高精度のフィルムを押し出すことができるからである。

【0045】

コンプレッション部の終端よりも更に押出機の先端側の部分はメータリングゾーンとして用いてもよいが、コンプレッション部２６で高速可塑化するため、未溶融の樹脂が生じることも想定される。より完全に混練するために、あるいは、本願押出機では高速、高温、高吐出で押出を行うため、条件によっては樹脂温度分布が悪くなることも考えるので、樹脂温度分布を均一にするために混練部を設けてもよい。

【0046】

実施例１の押出機ではコンプレッション部２６の先に第１混練部２７が、更にその先にミキシングを設けた第２混練部２８が設けられている。第１混練部２７と第２混練部２８とを合わせた長さは 160 mm 、 L/D は４である。第１混練部２７と第２混練部２８は、シリンダー３２７、３２８の内径 40 mm 、スクリー２２７、２２８の外径は 39 、

10

20

30

40

50

7 mmである。

【0047】

第1混練部27のスクリー227はフルフライト型であり、スクリー谷径は32 mm、L/Dは2である。フライト247の条数は1条である。スクリー谷径は34 mm、36 mmであってもよい。

【0048】

第2混練部28のスクリー228にはバリアスリット型のミキシング部が設けられている。ミキシング248はスパイラル方式の30度、スリット深さ0.5 mm、L/Dは2である。スパイラル方式の30度、スリット深さ1.0 mmであってもよい。

【0049】

第1混練部27、第2混練部28の保温加熱のためにヒーター73がシリンダー327、328の外側に設けられている。

【0050】

押出機1の先端には、ギヤポンプ9が付設されている。本願押出機はコンプレッション部の終端よりも更に押出機の先端側の部分は無いか、あっても短いため、昇圧および圧力変動緩和に対する能力低下が発生しやすいが、ギヤポンプを押出機先端に接続することにより上記問題が解決するため、ギヤポンプを接続することが好ましいからである。

【0051】

ギヤポンプ9の先にはアダプター10を介してT字ダイ11が接続されている。

【0052】

本押出機を用いてフィルムを押出した。更に省エネルギー性を確認するため以下の方法で測定を行った。

樹脂は低密度ポリエチレン（日本ポリエチレン株式会社「ノバテック（登録商標）LF405M」）を用いた。

温度：コンプレッション部のC1、以下下流に向けてC2、C3、C4、Hの各ゾーン位置の設定温度は表1の様に180℃とした。温度の実測値を表1に示す。

【0053】

押出量の測定のため、ギヤポンプをはずし、代わりに絞り弁を取り付けて押出実験を行った。

押出条件は表1の1～8の条件とした。

押出条件1、3、5、7は絞り弁として固定形状のオリフィスをつけて行った。

押出条件2、4、6、8は絞り弁部で20 MPaになるように弁の開度を調整して行った。いずれも絞り弁部での樹脂圧力を測定した。

スクリー回転数を、50、100、200、292 rpmにて行った。

更にスクリーの根元から410 mmの位置でフィード部の樹脂の圧力を測定した。

【0054】

押出量の測定は、36秒間に絞り弁から吐出される樹脂重量を3度測定し、平均値を求めた。使用エネルギーはヒーターの使用電力とダイレクトドライブモーターの使用電力とを和して求め、比エネルギーは、使用エネルギーを押出量で除して求めた。

実験結果を表1に示す。

【0055】

10

20

30

40

【表 1】

押出条件	スクリー	C1	C2	C3	C4	H	モーター電力	ヒーター電力	樹脂圧力	樹脂圧力	押出量	比
	回転数 N	180	180	180	180	180			フィード部	絞弁部	Q	エネルギー
	(rpm)	(℃)	(℃)	(℃)	(℃)	(℃)	(kwh)	(kwh)	(MPa)	(MPa)	(kg/h)	(kwh/kg)
1	50	175	178	179	179	180	1.3	-	2.95	4.35	19.9	-
2	50	175	180	181	180	181	1.1	-	12.5	19.35	17.5	-
3	100	178	179	179	177	180	3.7	3.67	7.65	9.00	40.7	0.180
4	100	181	180	180	180	180	4.3	3.19	12.25	19.6	39.2	0.161
5	200	181	180	181	179	180	10.6	3.31	13.7	12.05	86.5	0.145
6	200	180	181	180	180	180	11.3	1.99	17.2	19.75	83.9	0.191
7	292	183	182	182	181	180	17.4	1.11	16.1	12.3	127.5	0.168
8	292	181	181	182	181	180	17.9	1.84	17.5	19.55	123.2	0.160

【0056】

押出条件 1、3、5、7 における絞り弁部の樹脂圧力は 4.3～12 MPa 強と回転数が増えるにつれ増加した。

押出条件 2、4、6、8 における絞り弁部の樹脂圧力は回転数が増えるにつれ増加したが、19.35～19.75 MPa であった。

【0057】

ギヤポンプを着けずに、T 字ダイをとりつけフィルムを押出したところ 1100 mm 幅で、縦方向（流れ方向）の厚み精度は ±3% であった。

【0058】

表 1 に示すように単位重量あたりの消費エネルギーである比エネルギーは、スクリー回転数が 100 rpm 以上の押出条件 3～8 の全てで 0.2 kWh/kg 以下を満たしており、少ないエネルギーでエネルギー効率よく押出できることがわかる。更にスクリー回転数が 292 rpm での押出条件 7～8 では押出量が 100 kg/h を超えており少ないエネルギーで大量の押出しができることがわかる。

【0059】

押出条件 7～8 では比エネルギーが 0.2 kWh/kg 以下のため消費エネルギーが従来 0.4 kWh/kg に比し半減しており、押出能力は 100 kg/h 以上であるので従来の 20 kg/h の 5 倍という要請を共に満たしていた。

【0060】

表 1 の結果から、少ないエネルギーで押出が達成できることが実証された。特に高速回転時において高効率で少ないエネルギーで大量の押出が達成できることが実証された。

本願発明の押出機はフィード部の構造による樹脂の大量供給、コンプレッション部の構造による高速可塑化が、フィード部による樹脂供給量とコンプレッション部の樹脂可塑溶解量とが一致するようにバランスよく適切に組み合わせられたため上記効果を生じたものである。

【実施例 2】

【0061】

図 3 は実施例 2 の押出機 401 を示す。本押出機では熱可塑性樹脂材料が元部から取り入れられスクリーの回転によって次第に先端へと送られ、可塑化混練され、先端から熔融樹脂として吐出される。押出機 401 はスクリー径 40 mmφ の単軸押出機で、L/D は 24 である。シリンダー 403 にスクリー 402 が回転自在に挿通されている。シリンダー 403 は、中空円筒状で断面が真円状の中空部を有するが、下記の第 1 フィードゾーンにはシリンダーの内側面に溝が刻まれている。

【0062】

押出機401は、フィード部423、424、コンプレッション部426とその先の混練部427、混練部428とに、その部分の有する機能により機能上、ゾーン分けされている。

【0063】

図4は実施例2の押出機に用いるスクリュー402を示す。スクリュー402の一端421はスクリューの回転を与えるダイレクトドライブモーター（図示せず）の動力伝達部（図示せず）と回転軸が機械的に直接接続され、ダイレクトドライブモーターの回転によりシリンダー403中で回転する。

【0064】

ダイレクトドライブモーターはドイツBAUMUELLER社製、型番 DST 200 L 54 W 30-5、モーター容量36.5kw、最高回転数300rpmを用いた。

【0065】

フィード部は第1フィードゾーン423と第2フィードゾーン424に分かれている。第1フィードゾーン423の部分のスクリュー423Sには2条フライト443が形成されている。高速に大量の樹脂をコンプレッション部426に送り込むためである。第1フィードゾーン423部分のシリンダー423Cには樹脂をホッパー413からシリンダー中に供給するための貫通孔412が開いている。

【0066】

第1フィードゾーン部分のシリンダー内径は40mm、第1フィードゾーン部分の長さは240mm、 L/D は6である。第1フィードゾーン部分のスクリュー423Sの外径は39.7mm、スクリュー谷径は26.6mm、リードは40mm、フライト443のピッチは20mm、条数は2条、フライト幅は3mmである。

【0067】

第1フィードゾーン部分のシリンダー423Cには12本の溝（図示せず）が溝の長手方向が回転軸と平行になるように形成されている。溝幅は6mm、溝深さは第1フィードゾーンの開始部付近では2mmであるが、第2フィードゾーンに近づくにしたがって浅くなっている。溝断面形状は半径の異なる同心円状の等深さ型である。

【0068】

スクリュー402を高速で回転させることにより第2フィードゾーンを通じてコンプレッション部に大量の樹脂を供給することができる。

【0069】

第2フィードゾーン424の長さは160mm、 L/D は4である。第2フィードゾーン部分のスクリュー424Sの外径は39.7mm、スクリュー谷径は26.6mm、リードは40mm、フライト444のピッチは40mm、条数は1条、フライト幅は3mmである。

【0070】

フィード部にはフィード部のシリンダー423C、424Cの外側に冷却ジャケット471が設けられておりフィード部のシリンダーの溝内で樹脂が溶融し付着するのを防ぐため、所定温度に冷却される。樹脂が軟化しペレットが溝やスクリューに固着しないように、樹脂により異なるが、50℃以下、必要ならば30℃以下に保たれる。

【0071】

次にコンプレッション部であるが、コンプレッション部426では樹脂を高速で溶融可塑化する。樹脂はスクリューの回転による混練によりせん断発熱するが、これのみでは溶融可塑化には熱量が不足する。このためコンプレッション部のシリンダー426Cの外側にヒーター472が設けられておりコンプレッション部内の樹脂を加熱し溶融させる。

【0072】

樹脂はシリンダー403に用いられる金属等に比して熱伝導率が低い。このためコンプレッション部に溝を形成すると溝中の樹脂を経由して内部の樹脂に熱が伝達される経路で

10

20

30

40

50

は熱伝達が損なわれる。コンプレッション部のシリンダーには溝は形成されていない。

【0073】

コンプレッション部426では、樹脂がシリンダー426Cを介したヒーター472からの熱及びせん断発熱により溶融するが、ヒーター472からの伝導熱により溶融しシリンダー426Cの内側面にメルトフィルムを形成する。これをスクリュウ426Sのフライト446の先端でかきとる。かきとられたメルトフィルムがメルトプールとなる。メルトプールがソリッドベットを押し、ソリッドベットがシリンダー内壁に押し当てられメルトフィルムが形成されるということを繰り返しつつコンプレッション部426内の樹脂全体が可塑化溶融し、混練されるものと推測される。

【0074】

コンプレッション部426はシリンダー426Cの内径40mm、コンプレッション部長は400mm、 L/D は10である。コンプレッション部426部分のスクリュウ426Sのスクリュウ外径は39.80mm、スクリュウ谷径は26.6mm、フライト446のピッチは40mm、条数は3条で、フライト幅は2.5mmである。

【0075】

コンプレッション部426にヒーター472からの熱を高速に熱伝導するため、シリンダー外壁とヒーターとが密着するようにされている。

【0076】

熱伝導率を高めるためには、シリンダー426Cの材質は熱伝導性にすぐれることが好ましく、良熱伝導性の金属ないし合金、カーボンナノチューブ分散系金属等が好ましい。熱伝導量を高めるためには、シリンダー426Cの肉厚は、強度的に耐えうる範囲で薄い方が好ましい。

【0077】

スクリュウ426Sのスクリュウ外径（フライト246の外周径）を39.80mmにしたのは、ヒーター72からの熱をシリンダー426Cを介してコンプレッション部426中の樹脂に高速に伝える際に、樹脂は熱伝導性が悪いため、シリンダー426C内側面に付着する樹脂が溶融して形成されたメルトフィルム層を、フライトの先端でできるだけ薄くかきとるためである。

【0078】

スクリュウ426Sのフライト446の外周先端部はできるだけシリンダー内側面に近付く方がシリンダー426C内側面に付着した樹脂のメルトフィルム層をより薄くまでかきとることができるため望ましい

【0079】

コンプレッション部のスクリュウ426Sのフライト446の条数は限定されないが、多い方が、スクリュウ1回転当りのフライト446によるシリンダー426C内側面に付着した樹脂のメルトフィルム層のかきとり回数が増えることより、短時間に内壁に付着した樹脂をかきとることができるため高速可塑化効果が大きい。しかし条数が多すぎるとフライトの強度が小さくなり、スクリュウの加工が複雑になるため、1条から10条が好ましく、2条から8条がより好ましい。

【0080】

実施例2の押出機401ではコンプレッション部26の先に第1混練部427が、更にその先にミキシングを設けた第2混練部428が設けられている。第1混練部427と第2混練部428とを合わせた長さは160mm、 L/D は4である。第1混練部427と第2混練部428は、シリンダー427C、428Cの内径40mm、スクリュウ427S、428Sの外径は39.7mmである。

【0081】

第1混練部427のスクリュウ427Sはフルフライト型であり、スクリュウ谷径は32mm、 L/D は2である。フライト447の条数は1条である。スクリュウ谷径は34mm、36mmであってもよい。

【0082】

第2混練部428のスクリー428Sにはバリアスリット型のミキシング部が設けられている。ミキシング448はスパイラル方式の30度、スリット深さ0.5mm、L/Dは2である。スパイラル方式の30度、スリット深さ1.0mmであってもよい。

【0083】

第1混練部427、第2混練部428の保温加熱のためにヒーター473がシリンダー427C、428Cの外側に設けられている。

【0084】

押出機1の先端には、ギヤポンプ409が付設されている。本願押出機はコンプレッション部の終端よりも更に押出機の先端側の部分はないか、あっても短いため、昇圧および圧力変動緩和に対する能力低下が発生しやすいが、ギヤポンプを押出機先端に接続することにより上記問題が解決するため、ギヤポンプを接続することが好ましいからである。

10

【0085】

本実施例で用いたギヤポンプ409はM A A G社のEX45-5GP/SEである。理論吐出量は46.3cc/revである。ギアの回転用にインバーターモーターが設けられており、回転数は0~60回転であるが、押出量に合わせ、ギヤポンプの一次側（入れ側）の圧力が5~10MPaになるように回転数を調整した。

【0086】

ギヤポンプ409の先にはアダプター410を介してT字ダイ411が接続されている。

【0087】

省エネルギー性を確認するため以下の方法で測定を行った。

樹脂は低密度ポリエチレン（日本ポリエチレン株式会社「ノバテック（登録商標）LF405M」）を用いた。

【0088】

押出量の測定のため、T字ダイ411をはずし、代わりに絞り弁を取り付けて行った。押出実験はスクリー回転数の各水準毎に絞り弁部で20MPaになるように弁の開度を調整して行った。いずれも絞り弁部での樹脂圧力を測定した。スクリー回転数を、50、100、200、291rpmにて行った。各スクリー回転数に安定後、10分の間隔をおいて2度測定した。

20

【0089】

押出量の測定は、36秒間に絞り弁から吐出される樹脂重量を2度測定し、平均値を求めた。

10分間の運転の間のヒーター472、473の使用電力とギヤポンプ（回転エネルギーと温調エネルギーの和）の使用エネルギーを積算電力計により求め算定した。ダイレクトドライブモーターの使用電力量は、使用電流から次の式により求めた。

使用電力量(kwh) = スクリー回転数(rpm) * モーター電流(A) * 15.6 / (976 * 9.81)

使用エネルギーはヒーター電力量とギヤポンプ電力量とダイレクトドライブモーターの使用電力量を和して求めた。比エネルギーは、使用エネルギーを押出量で除して求めた。

30

40

【0090】

押出機のシリンダーのコンプレッション部、混練部の設定温度は200℃に設定し、ギヤポンプ後の絞り弁から吐出される樹脂の温度を、温度計を挿し込み直接測定した。樹脂温度は、スクリー回転数が50rpmでは213℃、100rpmでは209℃、150rpmでは204℃、200rpmでは205℃、291rpmでは201℃であり、異常な昇温は観察されなかった。

実験結果を表2に示す。

【0091】

【表 2】

実験条件	原料樹脂	スクリュー	押出量	押出機	主動機	主動機	ギヤポンプ	全体	比エネルギー
		回転数 (rpm)	(kg/h)	ヒーター 使用 電力量 (kwh)	モーター 電流 (A)	モーター 使用 電力量 (kwh)	使用 電力量 (kwh)	使用エネルギー (kwh)	(kwh/kg)
1	LDPE	50	15.2	3	10.7	0.87	1.2	5.07	0.334
2		100	30.5	1.8	15.1	2.46	1.8	6.06	0.199
3		150	46.3	4.2	18.7	4.57	1.8	10.57	0.228
4		200	62.4	3	22.5	7.33	2.4	12.73	0.204
5		291	88.2	1.2	25.9	12.28	3	16.48	0.187

10

【0092】

表2に示すようにギヤポンプと一体になった押し出し装置において、ギヤポンプの消費エネルギーを含む消費エネルギーにおいても、比エネルギー（単位重量あたりの消費エネルギー）は、スクリュー回転数が100rpm以上ではほぼ0.2kwh/kgであり、少ないエネルギーで効率よく大量の押出しができることがわかった。

20

【0093】

T字ダイをとりつけフィルムを押出したところ1100mm幅での厚み精度は±2%であった。

【産業上の利用可能性】

【0094】

本願発明に係る押出機及び製造方法はフィルム、コンパウンド、異型押出成形品、ボトル等の押出成形に好適に用いられ、特に少ないエネルギーで大量のフィルム押出をするのに好適に用いられる。本押出機及び製造方法は射出成形にも適用することができる。

【符号の説明】

【0095】

- 1、401 押出機本体
- 2、402 スクリュー
- 3、403 シリンダー
- 9、409 ギヤポンプ
- 10、410 アダプター
- 11、411 T字ダイ
- 12、412 シリンダーに開けられた樹脂を通すための貫通孔
- 13、413 ホッパー
- 23、423 第1フィードゾーン部分
- 24、424 第2フィードゾーン部分
- 25、スクリュー断熱部
- 26、426 コンプレッション部
- 27、427 第1混練部
- 28、428 第2混練部
- 71、471 冷却ジャケット
- 72、73、472、473 ヒーター
- 221、421 外部からの回転力伝達部（スクリュー）
- 223、423S 第1フィードゾーン部分（スクリュー）
- 224、424S 第2フィードゾーン部分（スクリュー）
- 225 スクリュー断熱部
- 226、426S コンプレッション部（スクリュー）

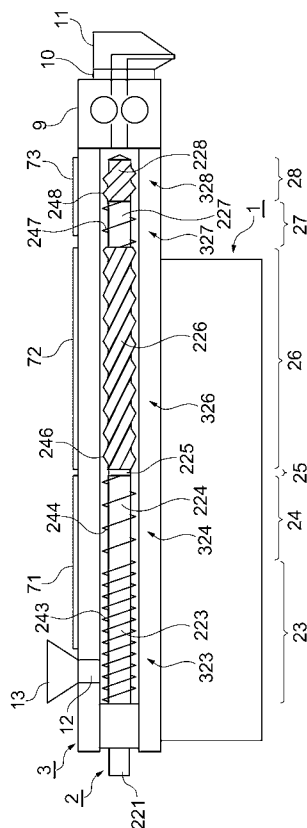
30

40

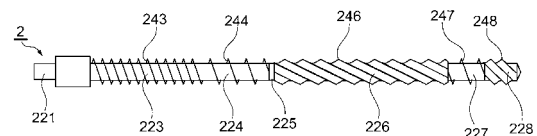
50

- 2 2 7、4 2 7 S 第 1 混練部 (スクリュウ)
 2 2 8、4 2 8 S 第 2 混練部 (スクリュウ)
 2 4 3、4 4 3 フライト (第 1 フィードゾーン部分)
 2 4 4、4 4 4 フライト (第 2 フィードゾーン部分)
 2 4 6、4 4 6 フライト (コンプレッション部)
 2 4 7、4 4 7 フライト (第 1 混練部)
 2 4 8、4 4 8 ミキシング (第 2 混練部)
 3 2 3、4 2 3 C 第 1 フィードゾーン部分 (シリンダー)
 3 2 4、4 2 4 C 第 2 フィードゾーン部分 (シリンダー)
 3 2 6、4 2 6 C コンプレッション部 (シリンダー)
 3 2 7、4 2 7 C 第 1 混練部 (シリンダー)
 3 2 8、4 2 8 C 第 2 混練部 (シリンダー)

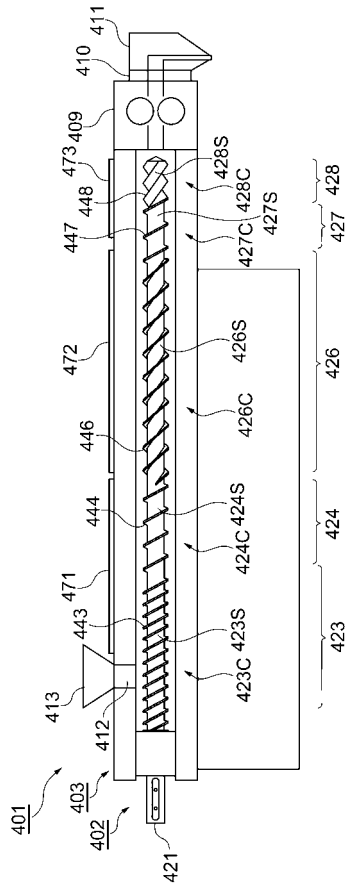
【図 1】



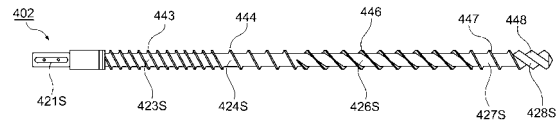
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭58-108118 (JP, A)

沢田慶司, 押出成形技術入門-基礎と応用技術-, 日本, 株式会社 シグマ出版, 1999年1月20日, 第20頁

押出成形, 日本, 株式会社プラスチック・エージ, 1985年12月10日, 第7版, 第161-162頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 47/00-47/96

B29B 7/00- 7/94